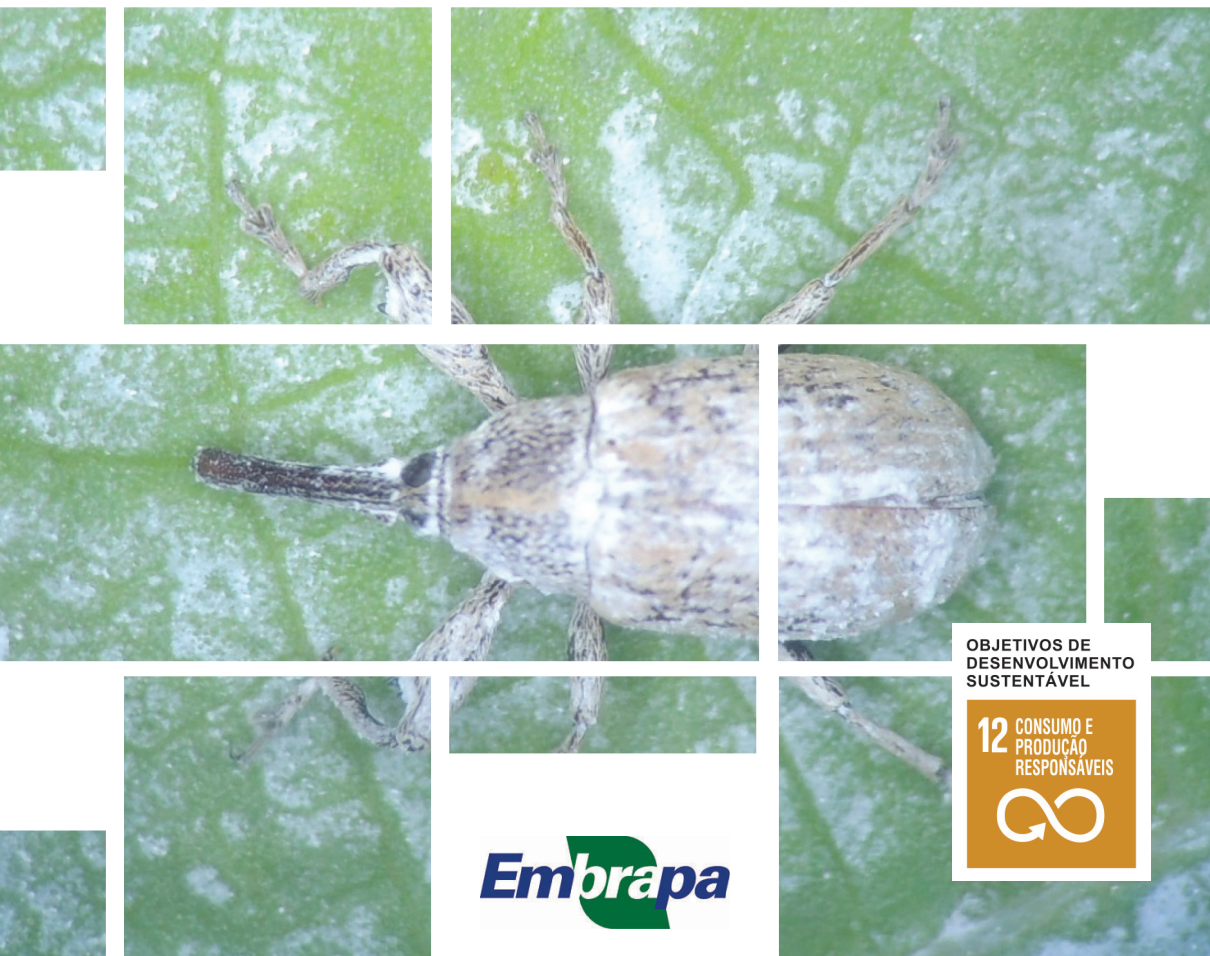


Caulim e sua utilização na proteção de algodoeiros contra artrópodes-praga



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

12 CONSUMO E
PRODUÇÃO
RESPONSÁVEIS



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Algodão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 281

Caulim e sua utilização na proteção de algodoeiros contra artrópodes-praga

*Carlos Alberto Domingues da Silva
Autor*

***Embrapa Algodão
Campina Grande, PB
2020***

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/algodao/publicacoes>

Embrapa Algodão

Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário
CEP 58428-095, Campina Grande, PB
Fone: (83) 3182 4300
Fax: (83) 3182 4367
www.embrapa.br/algodao
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Algodão

Presidente
João Henrique Zonta

Secretário-Executivo
Valdinei Sofiatti

Membros
*Alderí Emídio de Araújo, Ana Luíza Dias Borin,
José da Cunha Medeiros, Marcia Barreto
de Medeiros Nóbrega, João Luis da Silva
Filho, Liziane Maria de Lima, Sidnei Douglas
Cavaliéri*

Supervisão editorial
Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Revisão de texto
Ivanilda Cardoso de Andrade

Normalização bibliográfica
Orlane da Silva Maia

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Fotos da capa
Carlos Alberto Domingues da Silva

1ª edição
Formato PDF digitalizado: 2020

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Algodão

Silva, Carlos Alberto Domingues da.

Caulim e sua utilização na proteção de algodoeiros contra artrópodes-praga / Carlos Alberto Domingues da Silva. – Campina Grande : Embrapa Algodão, 2020.

PDF (39 p.) : il. color. ; 16 cm x 22 cm - (Documentos / Embrapa Algodão, ISSN 0103-0205 ; 281).

1. Algodão. 2. Praga. 3. Controle alternativo. 4. *Gossypium hirsutum*. I. Título. II. Série. III. Embrapa Algodão.

CDD 633.5197 (21. ed.)

Autor

Carlos Alberto Domingues da Silva

Engenheiro-agrônomo, D.Sc., em Entomologia,
pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB.

Apresentação

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de algodão. O seu cultivo se concentra em grandes áreas na região do Cerrado, responsável por mais de 90% da produção nacional. Nos últimos anos, um nicho de mercado que vem crescendo é o de algodão orgânico, voltado principalmente para a moda sustentável, utilizado por grandes marcas da indústria têxtil, com alto valor agregado. O cultivo do algodão orgânico e agroecológico se concentra principalmente na região semiárida, sendo cultivado em pequenas propriedades, através da agricultura familiar. Um dos grandes entraves para a produção de algodão orgânico e agroecológico é o controle de pragas, especialmente os artrópodes, sendo o principal deles o bicudo do algodoeiro. Uma das alternativas para o controle de pragas do algodoeiro cultivado organicamente é através do uso do caulim, produto mineral, de grande disponibilidade, baixo custo e fácil aplicação pelo produtor. Desta forma, este documento foi elaborado com o objetivo de apresentar ao produtor rural informações importantes sobre o uso do caulim para o controle de artrópodes-praga na cultura do algodão, de modo a difundir o seu uso e contribuir para a sustentabilidade da cadeia produtiva de algodão orgânico e agroecológico. A publicação está alinhada com a Agenda 2030 através do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 12, produção e consumo sustentáveis.

Alderí Emídio de Araújo

Chefe-Geral da Embrapa Algodão

Sumário

Introdução.....	11
Mineralogia e geologia do caulim	12
Lavra e processamento do caulim.....	13
Aplicações do caulim.....	15
Tecnologia do filme de partículas de caulim.....	16
Uso do caulim contra artrópodes-praga	19
Ação do filme de partículas de caulim sobre os artrópodes-praga	19
Controle de pragas do algodoeiro com caulim	21
Bicudo	21
Lepidópteros-praga	23
Sugadores de seiva.....	25
Controle de pragas do algodoeiro com caulim misturado a fungos entomopatógenos.....	26
Impacto do caulim sobre inimigos naturais dos artrópodes-pragas do algodoeiro.....	26

Efeito do caulim sobre a fisiologia das plantas.....	28
Legislação e comercialização.....	28
Considerações finais	29
Referências	29

Introdução

O Brasil é um dos principais produtores e exportadores mundiais de alimentos, fibras e energia, com destaque para aqueles de origem vegetal, como café, cana-de-açúcar (etanol), milho, soja, laranja, uva (frutas frescas e suco); e de origem animal, como carne bovina, suína e aves (Jank et al., 2020).

Dentre as fibras, o algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) se destaca por ser a principal fonte de matéria-prima para a indústria têxtil nacional e internacional, além de contribuir para a produção de óleo e semente (Beltrão et al., 2019).

O sucesso da cotonicultura no país tem sido impulsionado pelas condições de clima favorável, terras planas, programas de incentivo à cultura e, sobretudo, pelo uso intensivo de cultivares transgênicas, fertilizantes e defensivos agrícolas (Vieira Filho; Gasques, 2016). No entanto, o uso inapropriado desses insumos agrícolas tem modificado os agroecossistemas, tornando-os vulneráveis as doenças e aos ataques de artrópodes-praga (Silva; Ramalho, 2013).

Defensivos agrícolas são pulverizados por tratores e aviões sobre extensas áreas cultivadas, afetando não somente os organismos-alvo, mas também matrizes ambientais como solo, água, ar, chuva e alimentos (Carneiro et al., 2015). São poluições intencionais, uma vez que a pulverização é direcionada aos insetos, fungos e plantas invasoras e, nesse processo, plantações e matrizes ambientais são contaminadas, além de trabalhadores, moradores do entorno e outros animais (Pignati et al., 2017). Por isto, o cultivo de algodão com baixa utilização de inseticidas químicos sintéticos, que não gere desequilíbrios ecológicos, não contribua para o aumento das populações de insetos resistentes e não afete a populações de inimigos naturais é um grande desafio para a agricultura moderna (Silva; Silva, 2015).

Uma alternativa viável para reduzir o uso desses produtos químicos consiste na integração dos métodos de controle químico, biológico e o uso de defensivos alternativos. Estes métodos de controle podem ser utilizados isoladamente ou em conjunto, podendo, ainda, ser integrados a outras práticas de manejo que atuem reduzindo a população de pragas ou favorecendo o

estabelecimento de populações de inimigos naturais. No entanto, para que sejam adotadas, tais tecnologias devem apresentar vantagens econômicas, ambientais e sociais (Venzon et al., 2006).

O filme de partículas minerais de caulim tem se mostrado uma excelente tecnologia para proteção de culturas agrícolas e hortícolas, com potencial de substituir defensivos químicos utilizados para controlar artrópodes-praga e doenças, particularmente, por serem eficientes, de baixo custo e fáceis de usar (Glenn et al., 2001; Thomas et al., 2004; Glenn; Puterka, 2007; Sharma et al., 2015, 2018, 2020).

O objetivo deste documento é repassar aos engenheiros-agrônomo, extensionistas e cotonicultores informações atualizadas sobre o caulim e uso do filme de partículas deste mineral contra pragas do algodoeiro.

Mineralogia e geologia do caulim

O caulim é um mineral de aluminossilicato branco, não poroso, não expansivo, pouco abrasivo, fino, em forma de placa $[Al_4Si_4O_{10}(OH)_8]$ que se dispersa facilmente em água e é quimicamente inerte sobre uma ampla gama de pH (Glenn; Puterka, 2005). Tratado com água, o caulim é >99% puro e tem um brilho de > 85%. Minerado, o caulim cru tem traços de óxido de ferro (Fe_2O_3) e dióxido de titânio (TiO_2) que são removidos durante o processamento para aumentar o brilho e garantir a segurança humana ao remover a sílica cristalina, SiO_2 , um carcinógeno respirável (Harben, 1995).

O Brasil detém a segunda maior reserva mundial de caulim (28%) (IBRAM, 2012), com os principais depósitos localizados nos estados do Pará, Amapá, Amazonas, São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Os depósitos de caulim localizados no Amazonas, Pará e Amapá são do tipo sedimentar, caracterizando-se por grandes reservas e com propriedades físico-químicas para diversas aplicações industriais, principalmente em revestimento de papel (Luz et al., 2008; Bertolino et al., 2012). Nos estados de Minas Gerais, Paraíba, São Paulo, Goiás, Santa Catarina e Paraná, verifica-se uma predominância de caulim primário, originados da alteração de pegmatitos ou do intemperismo de granitos (Luz et al., 2008).

Lavra e processamento do caulim

Na maioria das minas de caulim do mundo, utiliza-se o método de extração do minério por lavra a céu aberto. No Brasil, entretanto, o caulim é extraído de duas formas, por lavra a céu aberto ou pelo método subterrâneo (Luz et al., 2008).

Normalmente, os caulins ocorrem associados a diversas impurezas e, geralmente, no seu estado natural, não atendem às especificações de mercado, sendo necessário submetê-los a processos de beneficiamento eficientes, para adequá-los ao uso industrial (Saikia et al., 2003). Os processos de beneficiamento empregados dependem do uso a que se destina. Existem basicamente dois processos de beneficiamento do caulim, por via seca ou por via úmida (Luz et al., 2008).

O beneficiamento do caulim a seco consiste na fragmentação inicial da rocha de caulim (britador) abaixo de 2,54 cm (1"), sendo em seguida conduzido para secagem em secadores rotativos (Luz et al., 2008). Após seco, o caulim é pulverizado em moinhos de rolos, para então ser classificado, por tamanho, através da flotação com ar, onde as partículas mais finas são separadas por uma corrente de ar quente. No entanto, dificilmente se encontram caulins, no estado natural, com esses pré-requisitos, predominando, assim, o beneficiamento realizado por via úmida.

O beneficiamento por via úmida (Figura 1) envolve as etapas de dispersão, desareamento, fracionamento em hidrociclone ou centrífuga, separação magnética, floculação seletiva, alvejamento químico, filtragem e secagem (Saikia et al., 2003). Na dispersão, o caulim bruto (Figura 1a) é transformado em polpa em agitadores móveis (blungers), por meio da adição de água (Figura 1b), dispersante químico (hexametáfosfato de sódio ou poliácridatos) e reagentes reguladores de pH (hidróxido de sódio ou carbonato de sódio) (Luz et al., 2008).

A concentração de sólidos a ser utilizada depende das operações subsequentes, podendo variar de 20 a 50%. Em seguida, a polpa de caulim é submetida ao desareamento visando à remoção de impurezas com granulometria superior a 0,25 mm (60 malhas). Nesta etapa, são utilizados classificadores hidráulicos ou peneiras (Figura 1c) e tanques de sedimentação (Figura 1d),

capazes de remover materiais como o quartzo, a mica e alguns óxidos de ferro e de titânio que apresentam normalmente granulometria superior a 0,25 mm e/ou densidade maior que a do caulim (Luz et al., 2008; Bertolino et al., 2012). Após a filtragem, a umidade do caulim é reduzida para valores entre 30% a 55%, dependendo do equipamento e processo de secagem. Se

Fotos: Carlos Alberto Domingues da Silva

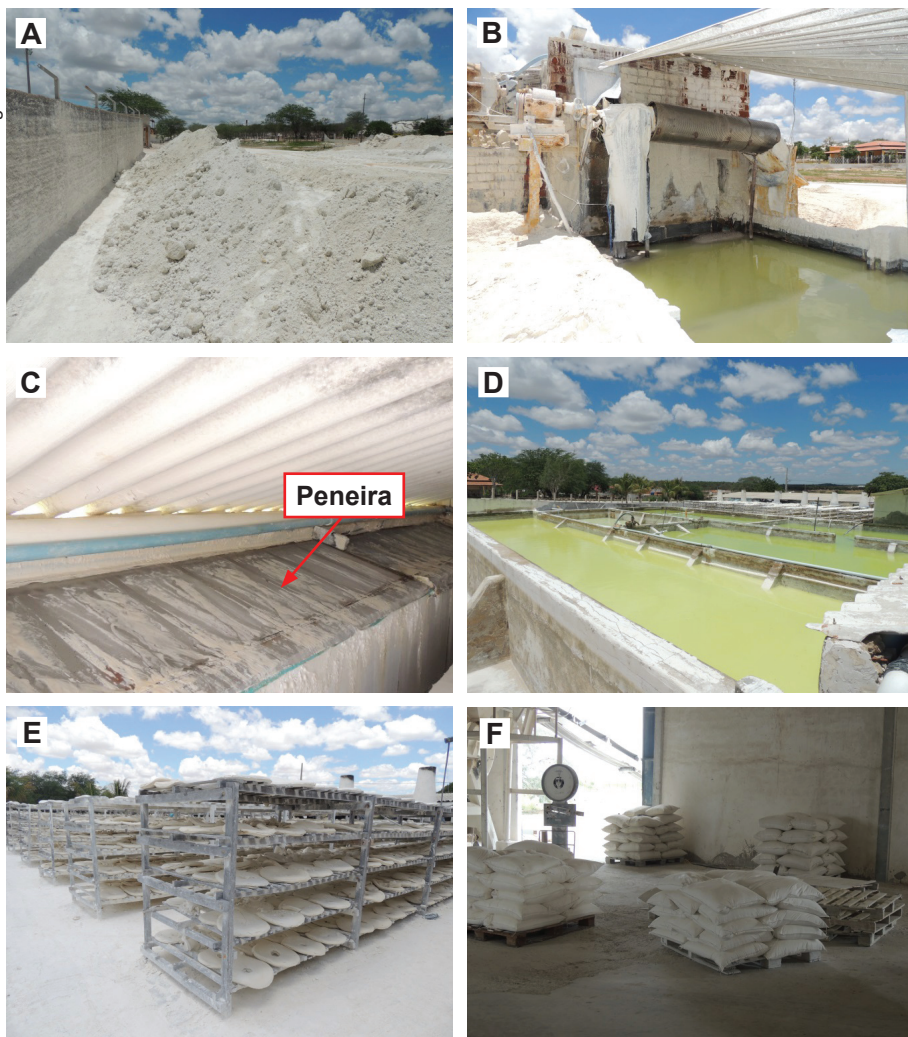


Figura 1. Etapa resumida de beneficiamento do caulim por via úmida. Caulim bruto extraído do solo (A); dispersão em água (B); desareamento e separação do tamanho de partículas por peneiras (C) e sedimentação (D); secagem (E) e ensacamento (F).

o processo de secagem for realizado em secadores rotativos ou de esteiras, é comum a utilização de filtros prensa, produzindo “tortas” de caulim com umidade entre 30% a 40% (Figura 1e).

A “torta” proveniente dos filtros de tambor é tratada com reagentes químicos para dispersão, ajuste do pH e atomização da polpa em pequenas partículas em câmara de secagem por fluxo de ar quente (300°C), para reduzir a umidade do caulim entre 3% a 6%. Em seguida o caulim é submetido a processos especiais de delaminação, flotação (Prasad et al., 1991), calcinação (Carvalho, 1996) e estruturação (Luz et al., 2008).

O caulim estruturado é obtido através da reação com álcalis e, posteriormente, submetido ao processo de aglomeração e ensacamento (Figura 1f) (Luz et al., 2008).

Aplicações do caulim

O caulim é um pó de rocha utilizado em grandes quantidades nas indústrias de papel e de revestimento (45%) e na produção de materiais refratários (16%) (Murray et al., 2007; Sarwar; Salman, 2015). Outras aplicações incluem a produção de cerâmica, fibra de vidro, cimento, borra de pneus, tintas látex, tintas de impressão, catalisadores para refino de petróleo, medicamentos, cosméticos e na proteção de cultivos agrícolas (Scorzelli et al., 2008; Karise et al., 2016). Esse mineral é classificado pela *Environmental Protection Agency* (EPA) como pesticida de risco reduzido, devido a sua baixa toxicidade aos seres humanos, organismos não-alvo e meio ambiente (Garcia et al., 2003).

Os avanços técnicos no processamento do caulim possibilitaram a produção de partículas com tamanhos específicos, formas e propriedades reflexivas à luz. Um filme de partículas eficaz deve possuir as seguintes características: 1) apresentar partícula mineral quimicamente inerte; 2) com diâmetro menor que 2 µm; 3) formulado para espalhar e criar filme uniforme; 4) poroso o suficiente para não interferir na troca gasosa das folhas; 5) transmitir a radiação fotossinteticamente ativa (PAR), mas bloquear, em certo grau, a radiação ultravioleta (UV) e infravermelha (IR) do sol; 6) alterar o comportamento dos insetos e/ou patógenos sobre a planta e 7) ser facilmente removido da superfície dos frutos destinados à comercialização (Glenn; Puterka, 2005).

Muitas dessas características são semelhantes às defesas naturais das plantas, consistindo em aumentar a espessura da cutícula e a pubescência para reduzir o estresse hídrico e aquoso (Levitt, 1980) e interferir no processo infeccioso das doenças e danos provocados pelos artrópodes-praga (Barthlott; Neinhuis, 1997; Neinhuis; Barthlott, 1997).

Tecnologia do filme de partículas de caulim

O emprego de pó mineral para combater artrópodes-praga é utilizado há décadas, com relatos do seu uso desde a era primitiva, onde homens e animais se banhavam com pós para repelir insetos hematófagos de seu corpo (Ebeling, 1971). Esse comportamento é comum entre os pássaros (Figura 2), que tomam “banho de pós” com essa finalidade (Sazima, 2018).

Os minerais têm sido testados e utilizados na agricultura para o controle de pragas há muito tempo. No entanto, as pesquisas visando ao desenvolvi-

Foto: Carlos Alberto Domingues da Silva



Figura 2. Pardal, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758) (Passeriformes: Passeridae) tomando banho de pó.

mento de pós-inertes somente intensificou-se nas últimas décadas, resultando no registro e uso comercial de várias formulações (Cleland et al., 1998; Steurbaut et al., 2001; Harvey; Lagaly, 2006). Existem muitos tipos de pós-inertes: sal comum, areia, cinza de casca de arroz, cinzas de madeira, argilas, terras de diatomáceas (cerca de 90% de SiO_2), silicatos sintéticos e precipitados (aproximadamente 98% de SiO_2), aerogels de sílica (Steurbaut et al., 2001) e o caulim (Vincent et al., 2003).

A partícula hidrofóbica de caulim M-96-018 foi o primeiro protótipo da tecnologia do filme de partículas que foi aplicado como pó sobre a superfície das plantas para torná-las repelentes e reduzir os danos causados por artrópodes-praga e doenças. No entanto, a deriva associada às operações de remoção do pó e a baixa adesão das partículas minerais na superfície da planta inviabilizaram esse produto (Puterka et al., 2000). Na busca de formulação mais eficiente desenvolveu-se o M-97-009, um filme de partículas de caulim hidrofílico misturado ao espalhante adesivo M-03, não iônico, tão eficaz quanto o M-96-018, mas com propriedades físico-químicas aprimoradas, que facilitava a mistura, adesão, espalhamento e persistência à lavagem das folhas pela chuva (Smedt et al., 2015). Essa formulação é basicamente a mesma encontrada nos diversos filmes de partículas utilizados no mundo, com destaque para o Surround WP®, Purshade®, Parasol®, Anti-stress-500®, Raynox®, Screen® e Eclipse™.

A tecnologia do filme de partículas pode ser definida como uma síntese da combinação entre os conhecimentos sobre tecnologia mineral, comportamento de insetos e fotoquímica, com o objetivo de controlar pragas e doenças das plantas. O filme de partículas é uma camada microscópica de minerais ligada à superfície da planta (Smedt et al., 2015).

O pó de caulim suspenso em água é aplicado com pulverizadores tradicionais sobre as diversas partes da planta (folhas, flores e frutos) (Figura 3ab), criando um revestimento contínuo após a evaporação d'água (Salerno et al., 2020). Aplicações de caulim têm provado ser alternativas viáveis para mitigar efeitos estressores nas plantas, como altas temperaturas, radiação solar prejudicial e déficit hídrico (Glenn et al. 2002; Jifon; Syvertsen 2003; Melgarejo et al. 2004; Gindaba; Wand, 2007; Bestete et al., 2016) e também, da injúria provocada por diversos artrópodes-praga (Bestete et al., 2016; Salerno et al., 2020).

Fotos: Carlos Alberto Domingues da Silva

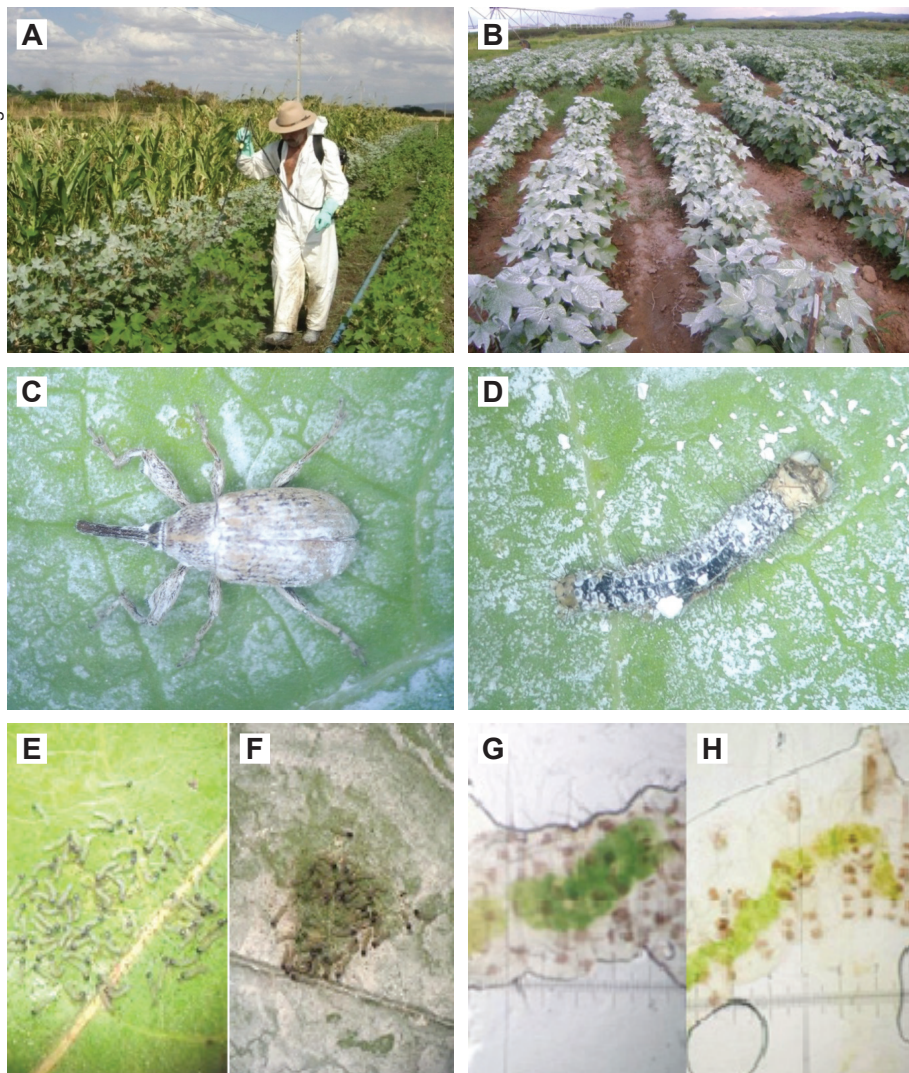


Figura 3. Preparo da calda e pulverização da lavoura de algodoeiro com caulim (A); lavoura de algodoeiro pulverizada com caulim após a evaporação d'água (B); adulto do bicudo (C) e lagarta do curuquerê-do-algodoeiro recobertos pelo filme de caulim (D); lagartas neonatas de *Spodoptera frugiperda* atacando folhas de algodão sem (E) e com caulim (F); intestino médio de lagartas de primeiro instar do curuquerê alimentadas com folhas de algodão com (G) e sem caulim (H).

Uso do caulim contra artrópodes-praga

O caulim, além de controlar pragas de grãos armazenados (Golob, 1997; Kljajić et al., 2010; Mikami et al., 2010), protege as plantas cultivadas contra vários artrópodes-praga, como pulgões (Cottrell et al., 2002; Wyss; Daniel, 2004; Alavo et al., 2011; Nateghi et al., 2013), coleópteros (Showler, 2002; Lapointe et al. 2006; Muncha-Pelzer et al., 2010; Silva; Ramalho, 2013), dípteros (Saour; Makee, 2004; D'Aquino et al., 2011; Lo Verde et al., 2011), lagartas de lepidópteros (Knight et al. 2000; Unruh et al 2000; Showler, 2003; Sisterson et al., 2003; Alavo, 2006; Barker et al. 2006; Alavo et al., 2010; Muncha-Pelzer et al., 2010; Gonçalves et al., 2015; Bestete et al., 2016; Tacoli et al., 2019), mosca branca (Mazor; Erez, 2004), psílídeos (Daniel et al., 2005; Puterka et al., 2005), cigarrinhas (Tacoli et al., 2017a, 2007b) e ácaros (Glenn et al., 1999; Puterka et al., 2000; Bostanian; Racette, 2008).

Ação do filme de partículas de caulim sobre os artrópodes-praga

A procura dos insetos e ácaros fitófagos por um hospedeiro adequado do ponto de vista nutricional requer um sofisticado mecanismo de detecção de sinais ambientais, por meio dos sentidos visuais, auditivos, tácteis e olfativos (Chapman, 1998). Portanto, ao modificar a coloração e a textura da camada de cera que recobre os tecidos vegetais das plantas, o caulim afeta a percepção dos artrópodes-praga, prejudicando o processo de localização e aceitação da planta hospedeira e, conseqüentemente, sua alimentação e oviposição (Showler, 2002; Silva; Ramalho, 2013; Gonçalves et al., 2015). Ao contrário dos produtos químicos agrícolas típicos, filmes de partículas minerais de caulim são inertes e, portanto, não têm efeito bioquímico ou fisiológico direto na planta ou nos artrópodes-praga (Smedt et al., 2015). Ao invés disso, os filmes de partículas proporcionam atividade através de suas propriedades físicas, tamanho de partículas, forma e área da superfície, etc. (Nielsen et al., 2000; Lalancette et al., 2005). Ao recobrir as diferentes partes do corpo dos artrópodes (Figura 4), por exemplo, o caulim promove o rompimento da estrutura cuticular desses organismos pela adsorção de lipídios epicuticulares

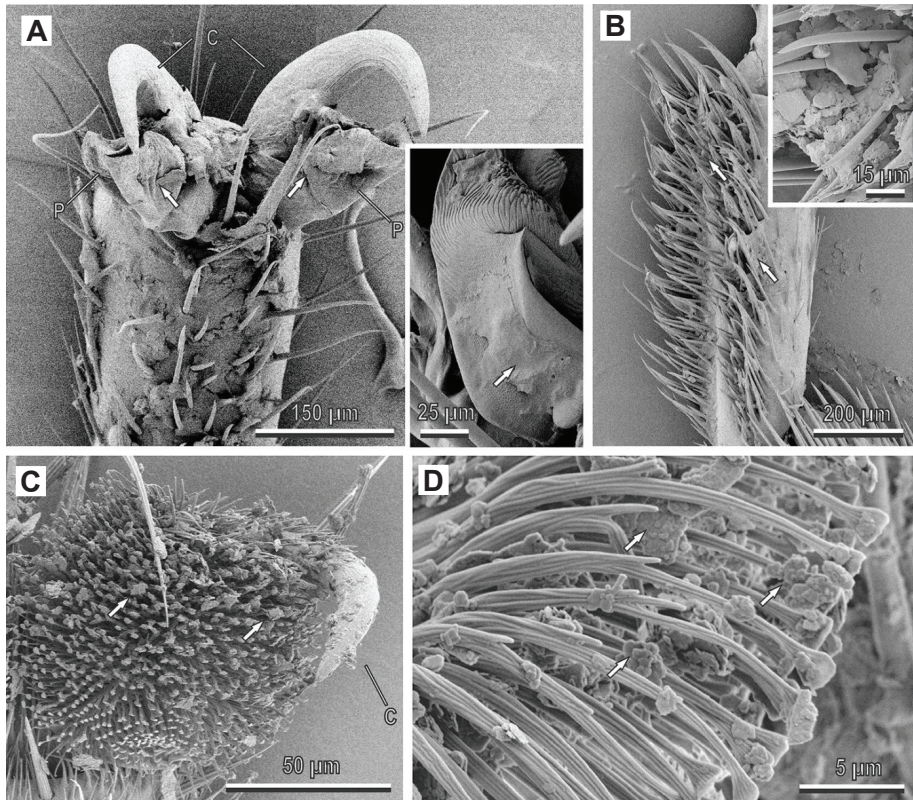


Figura 4. Dispositivos de fixação do tarso de fêmeas de *Nezara viridula* (A, B) e *Ceratitis capitata* (C, D) após caminhar sobre vidro hidrofílico tratado (crio-SEM). Superfície ventral de pulvilos lisos contaminados pelo pó de caulim (setas). Observe no interior a grande área da superfície do pulvilo coberta por crostas (setas) formadas por placas de pó de caulim coladas (A). Placas de caulim em pó (setas) acumuladas entre as cerdas adesivas do pêlo basitarsal (B). Pulvilo peludo com placas de caulim (setas) aderindo à placa terminal de algumas das cerdas especiais ("tenente-hair") (C). Algumas placas de caulim (setas) visíveis também entre as cerdas especiais (D). Garras (C); pulvilos lisos (P).

Fonte: Salerno et al. (2020).

(Ebeling; Wagner, 1959, 1961; Ebeling, 1971), o que pode provocar rápida perda d'água e morte por dessecação (Wiltz et al., 2010). Esse mecanismo de adesão ao tegumento dos artrópodes pode, ainda, prejudicar sua movimentação e fixação na planta hospedeira (Salerno et al., 2020). Outros mecanismos incluem: 1) redução da sobrevivência; 2) prolongamento do tempo

de desenvolvimento dos estágios imaturos e 3) da longevidade de adultos; 4) redução no acasalamento de lepidópteros-praga e 5) alteração do microclima do dossel (Glenn et al. 2002, 2010; Gonçalves et al., 2015; Bestete et al., 2016, 2018).

Controle de pragas do algodoeiro com caulim

O caulim tem sido empregado com sucesso na proteção das plantas de algodoeiro contra o ataque de diversas pragas, como o bicudo (Figura 3c), *Anthonomus grandis* (Boheman, 1843) (Coleoptera: Curculionidae) (Showler, 2002; Silva; Ramalho, 2013, Neves et al., 2014); curuquerê (Figura 3d), *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) (Gonçalves et al., 2015; Bestete et al., 2016); lagarta das maçãs, *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1809) e *Heliothis virescens* (Fabricius, 1977) (Lepidoptera: Noctuidae) (Alavo, 2006; Alavo et al., 2011; Bestete et al., 2016); lagarta militar, *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) (Showler, 2003); lagarta rosada, *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1843) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Sisterson et al., 2003), pulgão, *Aphis gossypii* (Glover, 1877) (Hemiptera: Aphididae) (Alavo et al., 2011) e mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae). As concentrações de caulim mais eficientes para a proteção de algodoeiro contra os prejuízos causados pelo bicudo e outros artrópodes-praga são 60, 80 e 100 g L⁻¹; no entanto, maior economia monetária e de produto é obtida com pulverizações na concentração de 60 g L⁻¹ de caulim (Silva; Silva, 2015).

Bicudo

Os efeitos da aplicação de caulim sobre a injúria ocasionada pelo bicudo em algodoeiros foram avaliados nos Estados Unidos (Showler, 2002). Fêmeas do bicudo ovipositaram menos nos botões florais de algodoeiros tratados com caulim se comparado à testemunha. No entanto, não foram observadas diferenças significativas no rendimento do algodão em pluma, embora as parcelas tratadas com caulim tenham produzido até 2,36 vezes mais algodão em pluma do que a testemunha (sem caulim), e até 1,36 vezes mais que a parcela tratada com azinfosmetil. Segundo esses autores, os bicudos são

capazes de distinguir diferenças na coloração de algodoeiros tratados ou não com caulim, e isso influenciou os níveis de dano aos botões florais, pois o número de orifícios de oviposição e alimentação aumentaram quando os botões florais não foram tratados com esse produto.

No Brasil, ensaios de campo indicaram que algodoeiros pulverizados com caulim protegem as plantas contra os danos causados pelo bicudo (Silva; Ramalho, 2013). Nesse estudo, os autores observaram uma maior porcentagem de botões florais com orifício de oviposição na testemunha, e os menores percentuais nos tratamentos pulverizados com endossulfan e caulim de maneira sistemática e quando o bicudo atingia o limiar econômico em todas as avaliações. O maior número de maçãs não atacadas por bicudos (Figura 5a) e menor altura de plantas (Figura 5b) foi observado no tratamento pulverizado com endossulfan, seguido pelo tratamento pulverizado com caulim, mas a maior produção de algodão em caroço ocorreu no tratamento com caulim seguido pelo endossulfan (Figura 5c). O menor número de capulhos e o menor rendimento de algodão em caroço foram observados nas parcelas da testemunha. Essas descobertas são de significado prático porque podem reduzir o custo de produção do algodão e os impactos ambientais de pesticidas químicos e viabilizam a produção de algodão orgânico na presença do bicudo.

Experimentos conduzidos durante duas safras de algodão na região semiárida do estado de Pernambuco, combinando pulverizações de caulim com remoção de estruturas frutíferas caídas ao solo para conter o crescimento da população de bicudos após a colonização, resultaram em 22x, 4,4x e 8,6x menos bicudos, orifícios de oviposição e alimentação nas plantas tratadas com caulim, respectivamente; apesar de não haver diferenças estatísticas significativas para colonização e crescimento populacional (Neves et al., 2014). Segundo esses autores, a ausência de diferenças entre os tratamentos com e sem caulim com relação às populações de bicudos na safra de 2010 foi atribuída à lavagem do caulim pelas chuvas. No entanto, em 2011, quando o filme de partículas de caulim não foi removido pela chuva, a colonização foi atrasada e houve redução das estruturas de frutificação atacadas, demonstrando o potencial do caulim na redução da infestação do bicudo.

Foto: Carlos Alberto Domingues da Silva

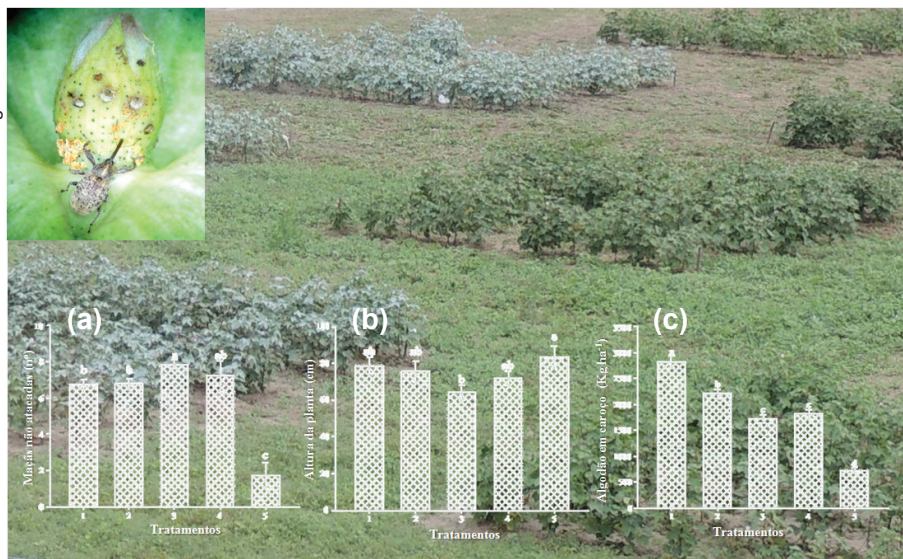


Figura 5. Mações não atacadas pelo bicudo (a), altura da planta (b) e peso do algodão em caroço nos tratamentos (c): T1, caulim pulverizado semanalmente após a emergência do algodão; T2, caulim pulverizado semanalmente a 5% de botões florais com orifícios de oviposição; T3, endossulfan pulverizado semanalmente após a emergência do algodão; T4, endossulfan pulverizado semanalmente a partir de 10% de botões florais com orifícios de oviposição, e T5, controle (sem pulverização). Barras com letras diferentes são significativamente diferentes ($P = 0,05$) pelo teste de Student Newman Keuls.

Lepidópteros-praga

A eficácia das aplicações do caulim no campo, contra os principais lepidópteros-praga do algodoeiro no Benin, demonstrou que as populações de *H. armigera* e *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera: Noctuidae) foram reduzidas significativamente, enquanto as lagartas de *Sylepta derogata* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Crambidae), e *Earias* spp. (Lepidoptera: Arctiidae) foram eliminadas (Alavo et al., 2010). Esses autores observaram que o caulim reduziu o número de posturas de *H. armigera* e manteve o número de lagartas dessa espécie abaixo dos limiares econômicos quatro semanas após a primeira aplicação.

No Brasil, a capacidade do caulim afetar a oviposição e a alimentação de *A. argillacea* em algodoeiro foi determinada em laboratório e casa de vegetação por Gonçalves et al. (2015). Segundo esses autores, o caulim reduziu a oviposição das mariposas e a sobrevivência das lagartas de primeiro instar do curuquerê por prejudicar a digestão e o consumo das folhas de algodoeiros (Figura 3f), o que pode reduzir consideravelmente os danos provocados por este lepidóptero-praga as lavouras de algodoeiro. O menor número de ovos de *A. argillacea* depositados sobre algodoeiros tratados com caulim, tanto nos testes de escolha como em confinamento, é um indicativo de que as mariposas do curuquerê respondem de forma diferente e reconhecem tais modificações na coloração das plantas, pois preferem ovipositar em folhas de plantas sem caulim. O modo de ação do caulim parece ser efetivo contra artrópodes especialistas (monófagos), que dependem de estímulos específicos visuais, olfativos, gustativos e mecano-sensoriais para selecionar a planta hospedeira (Gonçalves et al. (2015; Bestete et al., 2016). Isto foi mostrado em estudo sobre *P. gossypiella*, em algodoeiros cultivados no condado de Yuma, USA, cujas mariposas apresentaram deterência oviposicional, depositando até sete vezes menos ovos em maçãs tratadas com caulim do que no controle (Sisterson et al., 2003). Nessa pesquisa, os tratamentos com caulim alteraram a distribuição dos ovos no dossel da planta, com as maçãs não tratadas recebendo uma maior porcentagem de posturas do que as tratadas, enquanto o oposto ocorreu nos pecíolos. Nos testes de campo, o tratamento com caulim reduziu a proporção de maçãs infestadas com lagarta rosada, mas uma mistura de caulim e piretróide lambda-cialotrina foi mais eficaz. Os resultados sugerem que o filme de partícula de caulim pode ser útil contra a lagarta rosada, particularmente em conjunto com outras táticas de controle.

O caulim se mostrou eficiente em controlar lagartas neonatas de *H. virescens* e *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), as quais não completaram seu desenvolvimento ou exibiram baixa sobrevivência ao serem alimentadas com folhas de algodoeiros estressados com água e tratados com caulim, com lagartas em estágio mais avançado de crescimento exibindo, também, menor sobrevivência nas plantas tratadas com esse produto (Bestete et al., 2016).

Sugadores de seiva

O filme de partículas proporcionou aumentos na densidade populacional do pulgão, *A. gossypii*, em algodoeiros no sul do Texas em 2004 e 2005 (Showler; Armstrong, 2007). As populações de pulgões foram maiores nas superfícies abaxiais das folhas de algodoeiros tratadas com caulim que nas parcelas não tratadas. Por outro lado, os pulgões alados foram menos atraídos para a superfície das folhas tingidas de branco que para as armadilhas de cor amarelada. Para Showler e Armstrong (2007), a menor temperatura da folha de algodão tratada com caulim foi a causa dessas infestações, o que pode favorecer surtos populacionais dessa praga em algodoeiro. No entanto, é provável que a calda de caulim não tenha coberto totalmente a superfície abaxial das folhas do algodoeiro, onde a maioria dos pulgões encontra-se abrigados. Isto pode explicar, em parte, porque aplicações de caulim reduziram populações de *A. gossypii* em algodoeiros do Benin (Alavo et al., 2011). Neste estudo ficou demonstrado que o caulim aplicado na concentração de 5% reduziu significativamente a população de pulgões, o que pode estar relacionado ao método de aplicação desse produto que deve propiciar uma melhor e contínua cobertura das plantas de algodão.

Aplicações de caulim (Sepidan® WP 95%) também foram eficientes em reduzir populações da mosca-branca, *B. tabaci*, em fazendas de algodão na região de Kashmar, província de Khorasan Razavi, Irã (Izdamhr et al., 2016). Nesse estudo, as porcentagens de mortalidade de ninfas e a deterrência a oviposição foram, respectivamente, de 87% e 57% três dias após a pulverização nos tratamentos com caulim aplicado na concentração de 5%. Além disso, a capacidade do caulim em controlar as ninfas da mosca-branca e a dissuasão da oviposição persistiram por até 21 dias após a pulverização. No Brasil, o desenvolvimento de *B. tabaci* foi bastante reduzido quando alimentadas com plantas de algodão com ou sem estresse hídrico pulverizadas com caulim (Bestete et al., 2016). No entanto, a suspensão do caulim encurtou o ciclo de vida, aumentou o potencial reprodutivo e o crescimento populacional da cochonilha, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae) em algodoeiros e, portanto, deve ser utilizado com cautela em lavouras de algodão com histórico de ocorrência desta praga (Guedes et al., 2019).

Controle de pragas do algodoeiro com caulim misturado a fungos entomopatógenos

A combinação de fungos entomopatogênicos com pó de caulim inerte tem sido estudada contra pragas de plantas e grãos armazenados. O fungo *Beauveria bassiana* formulado com caulim demonstrou ser mais eficaz contra adultos de *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) (Storm et al., 2016), *Corcyra cephalonica* Stainton (Lepidoptera: Pyralidae) e *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) do que misturado à farinha de mandioca ou não formulada (Samodra; Ibrahim, 2006a, 2006b).

No Brasil, algodoeiros tratados com caulim misturado ao fungo *B. bassiana* demonstraram ser mais eficientes contra lagartas de *C. includens* do que cada ingrediente empregado isoladamente, indicando ação aditiva contra essa espécie de inseto (Galdino et al., 2020). Por outro lado, a espécie monófaga *A. argillacea* demonstrou ser mais suscetível ao caulim e a *B. bassiana* aplicados isoladamente do que a polífaga *C. includens*. No entanto, o caulim aplicado em mistura com *B. bassiana* demonstrou ser promissor para o manejo simultâneo dessas duas pragas desfolhadoras, principalmente, *C. includens*.

Impacto do caulim sobre inimigos naturais dos artrópodes-pragas do algodoeiro

O filme de partículas de caulim pode ser considerado uma alternativa viável no manejo de pragas para substituir e/ou reduzir as aplicações de inseticidas químicos. No entanto, os efeitos da pulverização de caulim sobre populações de inimigos naturais devem ser levados em consideração por apresentar respostas diferentes, dependendo do agroecossistema considerado (Silva; Ramalho, 2013).

O caulim tem demonstrado, na maioria das vezes, reduzido impacto sobre os inimigos naturais do algodoeiro. Alguns estudos demonstram não haver efeito sobre aranhas, abelhas e organismos aquáticos (Kaolin..., 1999). No entanto, reduções nas populações de dípteros, *Orius* spp. (Heteroptera: Anthracoridae), e vespas (Hymenoptera: Apoidea) predadoras foram regis-

tradas em apenas uma de dez avaliações realizadas durante duas safras 2000 e 2001 em algodoeiros no Vale do Rio Grande do Texas (Showler; Sétamou, 2004). Por outro lado, pulverizações foliares de caulim não tiveram efeito sobre outros grupos de artrópodes predadores, como *Geocoris* spp. (Heteroptera: Geocoridae), *Nabis* spp. (Heteroptera: Nabidae), reduvideos (Heteroptera: Reduviidae), coccinelídeos (Coleoptera: Coccinellidae), *Collops* spp. (Coleoptera: Melyridae), crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) e aranhas (Showler; Sétamou, 2004; Daniel et al., 2005). O parasitismo de pulgões pela vespinha *Lysiphlebus* spp. (Hymenoptera: Aphididae), também, não foi afetado ou foi maior nas parcelas tratadas com caulim (Showler; Armstrong, 2007).

No Brasil, estudos de campo sobre o impacto de aplicações sistemáticas de caulim nas populações residentes de parasitoides e predadores do bicudo foram realizados por Santos et al. (2013). Os resultados demonstraram que a abundância média de predadores Araneae, Formicidae, Chrysopidae e Coccinellidae presentes no dossel das plantas de algodoeiros foram similares entre tratamentos com e sem caulim. Os parasitoides *Bracon vulgaris* (Ashmead, 1894) (Hymenoptera: Braconidae) e *Catolaccus grandis* (Burks, 1954) (Hymenoptera: Pteromalidae) apresentaram taxas similares de emergência e parasitismo, respectivamente, nas estruturas reprodutivas do algodoeiro coletadas do solo e larvas do bicudo em ambos os tratamentos, indicando que repetidas pulverizações com caulim não causam efeitos adversos sobre predadores e parasitoides do bicudo em condições de campo.

As taxas de sobrevivência e as durações de desenvolvimento das larvas de *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) com diferentes idades tratadas topicamente com caulim foram semelhantes às das larvas não tratadas (Bestete et al., 2018). No entanto, larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) reduziram a sobrevivência e atrasaram seu desenvolvimento quando tratadas com concentrações de caulim superiores à taxa de campo recomendada, mas os tratamentos com caulim não afetaram o consumo de presas por larvas e adultos de ambas as espécies predadoras.

Efeito do caulim sobre a fisiologia das plantas

O filme de partículas de caulim pode, também, contribuir para o equilíbrio fisiológico das plantas, pois suas propriedades reflexivas reduzem, na maioria das vezes, queimaduras solares (Conde et al., 2018; Dinis et al., 2018). Isto se deve a menor absorção de determinadas faixas de radiação ultravioleta e infravermelha prejudicial às plantas, aumentando a radiação foto-sinteticamente ativa (Conde et al., 2018), o que promove a diminuição da temperatura da folha com aumento simultâneo na eficiência fotossintética, provavelmente por diminuir a fotoinibição (Glenn; Puterka, 2005; Shellie; King, 2013). Sua aplicação exógena sobre as folhas tem demonstrado respostas positivas aos estresses abióticos em maçã, oliveira, romã e videira (Glenn et al., 2001; Melgarejo et al., 2004; Khaleghi et al., 2015; Conde et al., 2018) com aumentos na síntese e concentração dos teores de açúcares nos frutos de videira (Conde et al., 2018) e de óleos em oliveira (Khaleghi et al., 2015) e nos rendimentos de citros (Lapointe et al., 2006), macieira (Thomas et al., 2004), pereira (Glenn et al., 1999; Puterka et al., 2005) e videira (Dinis et al., 2018). Em algodoeiro, o caulim reduz ligeiramente a fotossíntese foliar, mas essa perda fotossintética é compensada pela redução da sua temperatura (Silva, 2015).

Legislação e comercialização

O uso do caulim como substância ativa e prática permitida para manejo, controle de pragas e doenças nos vegetais e tratamentos pós-colheita nos sistemas orgânicos de produção encontra-se devidamente regulamentado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2011).

No Brasil não existem, ainda, formulações comerciais de caulim disponíveis no mercado de insumos agrícolas. No entanto, estudos conduzidos no país utilizando o caulim hidratado obtido de mineradoras para proteção de algodoeiros contra as injúrias causadas por artrópodes-praga têm demonstrado resultados semelhantes àqueles obtidos com produtos formulados (Silva; Ramalho, 2013; Gonçalves et al., 2015; Silva; Silva, 2015; Bestete et al., 2016, 2018; Galdino et al., 2020).

Considerações finais

O filme de partículas de caulim é um produto versátil, de baixo custo e impacto ambiental, que pode ser utilizado em pequenas e grandes propriedades agrícolas com pulverizadores costais e de barra tratorizados, respectivamente, para proteger cultivos de algodoeiros da injúria provocada por artrópodes-praga. A capacidade do caulim de absorver moléculas de água na superfície das plantas (efeito de secagem) pode criar um ambiente hostil para larvas e ovos desses artrópodes. Isto pode contribuir para proteção das plantas de algodoeiros devido ao seu efeito deterrente proporcionado pela alteração da cor e textura microscópica da superfície das plantas. O caulim pode, ainda, ser pulverizado com os mesmos equipamentos terrestres utilizados na aplicação de inseticidas sintéticos, com pequenas modificações. Esse produto misturado a fungos entomopatógenos apresenta efeito aditivo no controle desses organismos e tem, portanto, potencial de reduzir os custos de produção do algodoeiro ao economizar gastos com pesticidas.

Referências

ALAVO, T. B.; ABAGLI, A. Z.; TÉGBÉSSOU, K. J. C.; DUNPHY, G. B. Kaolin potential for the integrated management of *Aphis gossypii* Glov. (Homoptera: Aphididae) on cotton. **Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz**, v. 44, n. 8, p. 764-770, 2011.

ALAVO, T. B. C. Biological control agents and environmentally-friendly compounds for the integrated management of *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) on cotton: perspectives for pyrethroid resistance management in West Africa?. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 39, n. 2, p.105–111, 2006.

ALAVO, T. B. C.; YAROU, B. B.; ATACHI, P. Field effects of kaolin particle film formulation against major cotton lepidopteran pests in North Benin, West Africa. **International Journal of Pest Management**, v. 56, n. 4, p. 287-290, 2010.

BARKER, J. E.; FULTON, A.; EVANS, K. A.; POWEL, G. The effects of kaolin particle film on *Plutella xylostella* behaviour and development. **Pest Management Science: Formerly Pesticide Science**, v. 62, n. 6, p. 498-504, 2006.

BARTHLOTT, W.; NEINHUIS, C. Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. **Planta**, v. 202, n. 1, p. 1–8. 1997.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, C. A. D.; SILVA, O. R. R. F.; CARTAXO, W. V.; VALE, L. S. Culturas oleaginosas. In: XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L. da; BRITO, L. T. de L. (ed.). **Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. Cap. 1, p. 935-962. (Série BNB Ciência e Tecnologia).

BERTOLINO, L. C.; TOREM, M. L.; SCORZELLI, R. B.; ROSSI, A. M. Caracterização mineralógica e beneficiamento do caulim de Prado (BA). **Holos**, v. 5, p. 83-92, dez. 2012.

BESTETE, L. R.; TORRES, J. B.; PEREIRA, F. F. Harmonious interaction of kaolin and two insect predator species in plant protection. **International Journal of Pest Management**, v. 64, n. 2, p. 166-172, 2018.

BESTETE, L. R.; TORRES, J. B.; SILVA, R. B. B.; SILVA-TORRES, C. S. A.; BASTOS, C. S. Development of cotton pests exhibiting different feeding strategy on water-stressed and kaolin-treated cotton plants. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 1, p. 1-12, 2016.

BOSTANIAN, N. J.; RACETTE, G. Particle film for managing arthropod pests of apple. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 1, p. 145-150, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 out. 2011. Seção 1. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-no-46-de-06-de-outubro-de-2011-producao-vegetal-e-animal-regulada-pela-in-17-2014.pdf/view>>. Acesso em: 22 out. 2020.

CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L. G. da S.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A. C. (org.). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde João Venâncio; São Paulo: Expressão Popular, 2015. 623 p.

CARVALHO, E. A. **Sinergismo das variáveis influentes na centrifugação do caulim**. 1996. 93 f. Dissertação (Mestrado em Metalúrgica e Materiais) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CHAPMAN, R. F. **The Insects: structure and function**. Cambridge: Cambridge University, 1998. 788 p.

CLELAND, W. W.; ANDREWS, T. J.; GUTTERIDGE, S.; HARTMAN, F. C.; LORIMER, G. H. Mechanism of Rubisco: the carbamate as general base. **Chemical Review**, v. 98, n. 2, p. 549-561, 1998.

CONDE, A.; NEVES, A.; BREIA, R.; PIMENTEL, D.; DINIS, L. T.; BERNARDO, S.; CORREIA, C. M.; CUNHA, A.; GERÓS, H.; MOUTINHO-PEREIRA, J. Kaolin particle film application stimulates photoassimilate synthesis and modifies the primary metabolism of grape leaves. **Journal of Plant Physiology**, v. 223, p. 47-56, 2018.

COTTRELL, T. E.; WOOD, B. W.; REILLY, C. C. Particle film affects black pecan aphid (Homoptera: Aphididae) on pecan. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, n. 4, p. 782-788, 2002.

D'AQUINO, S.; COCCO, A.; ORTU, S.; SCHIRRA, M. Effects of kaolin-based particle film to control *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) infestations and postharvest decay in citrus and stone fruit. **Crop Protection**, v. 30, n. 8, p. 1079-1086, 2011.

DANIEL, C.; PFAMMATTER, W.; KEHRLI, P.; WYSS, E. Processed Kaolin as an alternative insecticide against the European pear sucker, *Cacopsylla pyri* (L.). **Journal of Applied Entomology**, v. 129, n. 7, p. 363-367, 2005.

DINIS, L. T.; BERNANDO, S.; LUZIO, A.; PINTO, G.; MEIJÓN, M.; PINTÓ-MARIJUAN, M.; COTADO, A.; MOUTINHO-PEREIRA, J. Kaolin modulates ABA and IAA dynamics and physiology of grapevine under Mediterranean summer stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 220, p. 181-192, Jan. 2018.

EBELING, W. Sorptive dusts for pest control. **Annual Review Entomology**, v. 16, n. 1, p. 123-158, 1971.

EBELING, W.; WAGNER, R. E. Rapid desiccation of drywood termites in inert sorptive dusts and other substances. **Journal of Economic Entomology**, v. 52, p. 190-207, 1959.

EBELING, W.; WAGNER, R. E. Relation of lipid adsorptivity of powders to their suitability as insecticide diluents. **Hilgardia**, v. 30, p. 565-586, 1961.

GALDINO, J. S.; SILVA, C. A. D.; ZANUNCIO, J. C.; CASTELLANI, M. A. Susceptibility of *Alabama argillacea* and *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae to *Beauveria bassiana* associated with kaolin. **Brazilian Journal of Biology**, Oct. 2020. DOI: 10.1590/1519-6984.233340. No prelo.

GARCIA, M. E.; BERKETT, L. P.; BRADSHAW, T. Does Surround® have non-target impacts on New England orchards? In: NEW ENGLAND FRUIT MEETINGS, 108-109., 2002-2003, Sturbridge. **Proceedings...** North Amherst: Massachusetts Fruit Growers' Association, 2003. p. 35-39. Disponível em: <http://www.massfruitgrowers.org/nefrmtg/proc--2002-03/v108-109.pdf#page=37>. Acesso em: 22 out. 2020.

GINDABA, J.; WAND, S. Climate-ameliorating measures influence photosynthetic gas exchange of apple leaves. **Annals of Applied Biology**, v. 150, n. 1, p. 75-80, 2007.

GLENN D. M., PUTERKA G. J. Particle films: a new technology for agriculture. **Horticultural Review**, v. 31, p. 1-44, 2005.

GLENN, D. M.; COOLEY, N. M.; WALKER, R. R.; CLINGELEFFER, P. R.; SHELLIE, K. C. Impact of kaolin particle film and water deficit on wine grape water use efficiency and plant water relations. **HortScience**, v. 45, n. 8, p. 1178-1187, 2010.

GLENN, D. M.; PRADO, E.; EREZ, A.; MCFERSON, J.; PUTERKA, G. J. A reflective, processed-kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection, and solar injury in apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 127, n. 2, p. 188-193, 2002.

GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J. The use of plastic films and spray able reflective particle films to increase light penetration in apple canopies and improve apple color and weight **Horticultural Science**, v. 42, n. 1, p. 91-96, 2007.

GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J.; DRAKE, S. R.; UNRUH, T. R.; KNIGHT, A. L.; BAHERLE, P.; PRADO, E.; BAUGHER, T. A. Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 126, n. 2, p. 175-181, 2001.

GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J.; VENDERZWET, T.; BYERS, R. E.; FELDHAKE, C. Hydrophobic particle films: a new paradigm for suppression of arthropod pest and plant diseases. **Journal of Economic Entomology**, v. 92, n. 4, p. 759-771, 1999.

GOLOB, P. Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 33, n. 1, p.69-79, 1997.

GONÇALVES, S. G.; SILVA, C. A. D.; DUARTE, M. M. F.; VASCONCELOS, E. D. Oviposição do curuquerê e alimentação de suas lagartas neonatas em algodoeiros tratados com caulim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 7, p. 526-533, set. 2015.

GUEDES, V. S.; SILVA, C. A. D.; ZANUNCIO, J. C. Survival, development and reproduction of *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae) on kaolin-treated cotton. **Brazilian Journal of Biology**, Nov. 2019. DOI: 10.1590/1519-6984.216184. No prelo.

HARBEN, P. W. **The industrial minerals handbook**: a guide to markers, specifications, and rices. 2nd revised edition. London: Metal Bulletin Books, 1995. 254 p.

HARVEY, C. C.; LAGALY, G. Conventional applications. In: BERGAYA, F.; THENG, B. K. G.; LAGALY, G. (ed.). **Developments in clay science**. Amsterdam: Elsevier, 2006. v. 1, p. 501-540. (Handbook of Clay Science).

IBRAM. Informações e análises da economia mineral brasileira. 7. ed. Brasília, DF, 2012. 65 p. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf>. Acesso em: 22 out. 2020

IZDAMHR, H.; FARAZMAND, H.; TARSHIZ, A. A.; SIRJANI, M.; JABALAH, I. Effect of processed kaolin clay (WP 95%) on cotton whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius. *Journal of Pesticide in Plant Protection Sciences*, v. 3, n. 1, p. 39-49, 2016.

JANK, M. S.; GUO, P.; MIRANDA, S. H. G. **China-Brazil partnership on agriculture and food security**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2020. 428 p.

JIFON, J. L.; SYVERTSEN, J. P. Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of 'Ruby Red' grapefruit leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 128, n. 1, p. 107-112, 2003.

KAOLIN (100104) fact sheet. Iselin: Engelhard Corporation, 1999. Disponível em: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-100104_01-Jun-99.pdf. Acesso em: 22 out. 2020.

KARISE, R.; MULJAR, R.; SMAGGHE, G.; KAART, T.; KUUSIK, A.; DREYERSDORFF, G.; WILLIAMS, I. H.; MÄND, M. Sublethal effects of kaolin and the biopesticides Prestop-Mix and BotaniGard on metabolic rate, water loss and longevity in bumble bees (*Bombus terrestris*). **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 1, p. 171-178, 2016.

KHALEGHI, E; ARZANI, K.; MOALLEMI, N.; BARZEGAR, M. The efficacy of kaolin particle film on oil quality indices of olive trees (*Olea europaea* L.) cv 'Zard' grown under warm and semi-arid region of Iran. **Food Chemistry**, v. 166, p. 35-41, Jan. 2015.

KLJAJIĆ, P.; ANDRIĆ, G.; ADAMOVIĆ, M.; BODROŽA-SOLAROV, M.; MARKOVIĆ, M.; PERIĆ, I. Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored-product beetle pests. **Journal of Stored Products Research**, v. 46, n. 1, p. 1-6, Jan. 2010.

KNIGHT, A. L.; UNRUH, T. R.; CHRISTIANSON, B. A.; PUTERKA, G. J.; GLENN, D. M. Effects of kaolin-based particle films on oblique banded leafroller, *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera Tortricidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 3, p. 744-749, June 2000.

LALANCETTE, N.; BELDING, R.D.; SHEARER, P.W.; FRECON, J.L.; TIETJEN, W.H. Evaluation of hydrophobic and hydrophilic kaolin particle films for peach crop, arthropod and disease management. **Pest Management Science**, v. 61, p.25-39, 2005.

LAPOINTE, S. L.; MCKENZIE, C. L.; HALL, D. G. Reduced oviposition by *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) and growth enhancement of citrus by Surround particle film. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 1, p. 109-116, Feb. 2006.

LEVITT, J. D. **Responses of plants to environmental stresses**. 2. ed. New York: Academic Press, 1980. 2 v. (Physiological Ecology a Series of Monographs, Texts and Treatises).

LO VERDE, G.; CALECA, V.; LO VERDE, V. The use of kaolin to control *Ceratitis capitata* in organic citrus groves. **Bulletin of Insectology**, v. 64, n. 1, p. 127-134, 2011.

LUZ, A. B. da; CAMPOS, A. R. de; CARVALHO, E. A. de; BERTOLINO, L. C.; SCORZELLI, R. B. Argila - Caulim. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (ed.). **Rochas e minerais industriais: usos e especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. Cap. 12, p. 255-294. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1101/1/12%20CAULIMmar%C3%A7o%20Revisado%20B%20ertolino%20e%20Scorzelli.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020

MAZOR, M.; EREZ, A. Processed kaolin protects fruits from Mediterranean fruit fly infestations. **Crop Protection**, v. 23, n. 1, p. 47-51, Jan. 2004. DOI: 10.1016/S0261-2194(03)00169-8.

MELGAREJO, P.; MARTÍNEZ, J.; HERNÁNDEZ, F.; MARTÍNEZ-FONT, R.; BARROWS, P.; EREZ, A. Kaolin treatment to reduce pomegranate sunburn. **Scientia Horticulturae**, v. 100, n. 1-4, p. 349-353, 2004.

MIKAMI, A. Y.; PISSINATI, A.; FAGOTTI, D.; MENEZES JUNIOR, A. D. O.; VENTURA, M. U. Control of the Mexican bean weevil *Zabrotes subfasciatus* with kaolin. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1497-1501, 2010.

MUNCHA-PELZER, T.; BAUER, R.; SCOBEL, E.; ULRICHS, C. Insecticidal effect of different application techniques for silica dusts in plant protection on *Phaedon cochleariae* Fab. and *Pieris brassicae* L. **HortScience**, v. 45, n. 9, p. 1349-1356, 2010.

MURRAY, H. H.; ALVES, C. A.; BASTOS, C. H. Mining, processing and applications of the Capim Basin kaolin, Brazil. **Clay Minerals**, v. 42, n. 2, p. 145-151, 2007.

NATEGHI, M. F.; PAKNEJAD, F.; MOAREFI, M. Effect of concentrations and time of kaolin spraying on wheat aphid. **Journal of Biological and Environmental Science**, v. 7, n. 21, p. 163-168, 2013.

NEINHUIS, C.; BARTHLOTT, W. Characterization and distribution of water-repellent, self-cleaning plant surfaces. **Annals of Botany**, v. 79, n. 6, p. 667-677, 1997.

NEVES, R. C. S., COLARES, F., TORRES, J. B., SANTOS, R. L. and BASTOS, C. S. Rational practices to manage boll weevils colonization and population growth on family farms in the Semiarid region of Brazil. **Insects**, v. 5, n. 4, p. 818-831, 2014.

NIELSEN, A.T.; TOLKER-NIELSEN T.; BARKEN, K.B.; MOLIN, S. Role of commensal relationships on the spatial structure of a surface-attached microbial consortium. **Environmental Microbiology**, v.2, p.59-68, 2000.

PIGNATI, W.; LIMA, F.; LARA, S.; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEO, L. H. D. C.; PIGNATTI, M. G. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a vigilância em saúde. **Ciencia e Saúde Coletiva**, v. 22, p. 3281-3293, 2017.

PRASAD, M. S.; REID, K. J.; MURRAY, H. H. Kaolin: processing, properties and application. **Applied Clay Science**, v. 6, n. 2, p. 87-119, 1991.

PUTERKA, G. J.; GLENN, D. M.; PLUTA, R. C. Action of particle films on the biology and behavior of pear psylla (Homoptera: Psyllidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 98, n. 6, p. 2079-2088, 2005.

PUTERKA, G. J.; GLENN, D. M.; SEKUTOWSKI, D. G.; UNRUH, I. R.; JONES, S. K. Progress toward liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear. **Environmental Entomology**, v. 29, n. 2, p. 329-339, 2000.

SAIKIA, N. J., BHARALI, D. J., SENGUPTA, P., BORDOLI, D., GOSWANEE, SAIKIA, P. C., BORTHAKUR, P. C. Characterization, beneficiation and utilization of kaolinite clay from Assam, Índia. **Applied Clay Science**, v. 24, n. 1-2, p. 93-103, 2003.

SALERNO, G.; REBORA, M.; KOVALEV, A.; GORB, E.; GORB, S. Kaolin nano-powder effect on insect attachment ability. **Journal of Pest Science**, v. 93, n. 1, p. 315-327, 2020.

SAMODRA, H.; IBRAHIM, Y. Effectiveness of selected entomopathogenic fungi in packed rice grain at room temperature against *Corcyra cephalonica* Stainton. **Asean Journal on Science and Technology for Development**, v. 23, n. 3, p. 183-192, 2006a.

SAMODRA, H.; IBRAHIM, Y. Effects of dust formulation of three entomopathogenic fungal strains against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) in rice grain. **The Journal of Biosciences**, v. 17, n. 1, p. 1-7, 2006b.

SANTOS, R. L.; NEVES, R. C. dos S.; COLARES, F.; TORRES, J. B. Parasitoides do bicudo *Anthonomus grandis* e predadores residentes em algodoeiro pulverizado com caulim. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 1, n. 34, p. 3463-3474, 2013.

SAOUR, G.; MAKEE, H. A kaolin-based particle film for suppression of the olive fruit fly *Bactrocera oleae* Gmelin (Dip., Tephritidae) in olive groves. **Journal of Applied Entomology**, v. 128, n. 1, p. 28-31, Feb. 2004.

SARWAR, M.; SALMAN, M. Biological insecticide *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) strikes for caterpillar control. **International Journal of Entomology Research**, v. 1, n. 1, p. 31-36, 2015.

SAZIMA, I. Stay clean: dust and water baths in Polyborinae falcons. **Atualidades Ornitológicas**, v. 205, p. 11-15, set./out. 2018.

SCORZELLI, R. B.; BERTOLINO, L. C.; LUZ, A. B.; DUTTINE M.; SILVA F. A. N. G.; MUNAYCO, P. Spectroscopic studies of kaolin from different Brazilian regions. **Clays Minerals**, v. 43, n. 1, p. 1-7, 2008.

SHARMA, R. R.; DATTA, S. C.; VARGHESE, E. Effect of Surround WP®, a kaolin-based particle film on sunburn, fruit cracking and postharvest quality of 'Kandhari' pomegranates. **Crop Protection**, v. 114, p. 18-22, Dec. 2018.

SHARMA, R. R.; DATTA, S. C.; VARGHESE, E. Kaolin-based particle film sprays reduce the incidence of pests, diseases and storage disorders and improve postharvest quality of 'Delicious' apples. **Crop Protection**, v. 127, e104950, Jan. 2020. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.104950.

SHARMA, R. R.; REDDY, S. V. R.; DATTA, S. C. Particle films and their applications in horticultural crops. **Applied Clay Science**, v. 116–117, p. 54-68, Nov. 2015. DOI: 10.1016/j.clay.2015.08.009.

SHELLIE, K. C.; KING, B. A. Kaolin particle film and water deficit influence Malbec leaf and berry temperature, pigments, and photosynthesis. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 64, p. 223-230, June 2013. DOI: 10.5344/ajev.2012.12115

SHOWLER, A. T. Effects of kaolin particle film on beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), oviposition, larval feeding and development on cotton, *Gossypium hirsutum* L. **Agriculture, Ecosystems ; Environment**, v. 95, n. 1, p. 265-271, 2003.

SHOWLER, A. T. Effects of kaolin-based particle film application on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) injury to cotton. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, n. 4, p. 754-762, 2002.

SHOWLER, A. T.; ARMSTRONG, J. S. Kaolin particle film associated with increased cotton aphid infestations in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 124, n. 1, p. 55-60, 2007.

SHOWLER, A. T.; SÉTAMOU, M. Effects of kaolin particle film on selected arthropod populations in cotton in the lower Rio Grande Valley of Texas. **Southwestern Entomologist**, v. 29, n. 2, p. 137-146, 2004.

SILVA, A. L. A. L. **Determinação da dose de caulim eficiente contra o bicudo e seu impacto sobre a capacidade fotossintética do algodoeiro**. 2015. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

SILVA, A. L. A. L.; SILVA, C. A. D. Concentração eficiente e econômica de caulim para a proteção de algodoeiro contra o bicudo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 763-768, set. 2015.

SILVA, C. A. D.; RAMALHO, F. S. Kaolin spraying protects cotton plants against damages by boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: curculionidae). **Journal of Pest Science**, v. 86, n. 3, p. 563-569, 2013.

SISTERSON, M. S.; LIU, Y. B.; KERNS, D. L.; TABASHNIK, B. E. Effects of kaolin particle film on oviposition, larval mining, and infestation of cotton by pink bollworm (Lepidoptera: gelechiidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 96, n. 3, p. 805-810, 2003.

SMEDT, C.; SOMEUS, E.; SPANOGHE, P. Potential and actual uses of zeolites in crop protection. **Pest Management Science**, v. 71, n. 10, p. 1355-1367, 2015.

STEURBAUT, W.; SPANOGHE, P.; DE JAEGER, D.; DECADT, G. Screening method for the evaluation of adjuvants and additives for fungicides. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADJUVANTS FOR AGROCHEMICALS - ISAA2001, 6th, 2001, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: ISAA Foundation, 2001. p. 339-348.

STORM, C.; SCOATES, F.; NUNN, A.; POTIN, O.; DILLON, A. Improving efficacy of *Beauveria bassiana* against stored grain beetles with a synergistic co-formulant. **Insects**, v. 7, n. 3, p. 1-14, 2016.

TACOLI, F.; CARGNUS, E.; KIAEIAN MOOSAVI, F.; ZANDIGIACOMO, P.; PAVAN, F. Efficacy and mode of action of kaolin and its interaction with bunch-zone leaf removal against *Lobesia botrana* on grapevines. **Journal of Pest Science**, v. 92, n. 2, p. 465-475, 2019.

TACOLI, F.; MORI, N.; POZZEBON, A.; CARGNUS, E.; DA VIÀ, S.; ZANDIGIACOMO, P.; DUSO, C.; PAVAN, F. Control of *Scaphoideus titanus* with natural products in organic vineyards. **Insects**, v. 8, n. 4, e129, 2017a. DOI: 10.3390/insects8040129.

TACOLI, F.; PAVAN, F.; CARGNUS, E.; TILATTI, E.; POZZEBON, A.; ZANDIGIACOMO, P. Efficacy and mode of action of kaolin in the control of *Empoasca vitis* and *Zygina rhamni* (Hemiptera: Cicadellidae) in vineyards. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 3, p. 1164-1178, 2017b.

THOMAS, A. L.; MULLER, M. E.; DODSON, B. R.; ELLERSIECK, M. R.; KAPS, M. A kaolin-based particle film suppresses certain insect and fungal pests while reducing heatstress in apples. **Journal of American Pomological Society**, v. 58, n. 1, p. 42-52, Jan. 2004.

UNRUH, T. R.; KNIGHT, A. L.; UPTON, J.; GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J. Particle films for suppression of the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in apple and pear orchards. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 3, p. 737-743, 2000.

VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; PALLINI, A. **Tecnologias alternativas para o controle de pragas e doenças**. Viçosa, MG: EPAMIG, 2006. 378 p.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (org.). **Agricultura: transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília, DF: Ipea, 2016. 391 p.

VINCENT, C.; HALLMAN, G.; PANNETONAND, B.; FLEURAT-LESSARD, F. Management of agricultural insects with physical control methods. **Annual Review of Entomology**, v. 48, n. 1, p. 261-281, 2003.

WILTZ, B. A.; WOODSON, W. D.; PUTERKA, G. J. Potential of kaolin-based particle film barriers for Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) control. **Sociobiology**, v. 55, n. 2, p. 405-413, 2010.

WYSS, E.; DANIEL, C. Effects of autumn kaolin and pyrethrin treatments on the spring population of *Dysaphis plantaginea* (Pass) (Homoptera: Aphididae) in apple orchards. **Journal of Applied Entomology**, v. 128, n. 2, p. 147-149, 2004.



Algodão